



## Original Article



# Evaluation of Corneal Aberrometry Parameters Before and After Cross-Linking in Patients with Keratoconus

Mehdi Alizadeh<sup>1,\*</sup> , Salman Khazaei<sup>2</sup>, Mones Bahramian<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Ophthalmology, School of Medicine, Farshchian Sina Educational and Medical Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>2</sup> Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>3</sup> Student Research Committee, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

## Abstract

### Article history:

**Received:** 30 October 2022

**Revised:** 25 December 2022

**Accepted:** 06 February 2023

**ePublished:** 15 March 2023

**\*Corresponding author:** Mehdi Alizadeh, Department of Ophthalmology, School of Medicine, Farshchian Sina Educational and Medical Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.  
Email: Mahaliz@yahoo.com

**Background and Objective:** In the last decade, cross-linking (CXL) has been widely used for treating people with progressive keratoconus. The present study aimed to compare corneal aberrometry parameters before and after CXL in patients with keratoconus.

**Materials and Methods:** In this cross-sectional study, 67 patients with keratoconus referred to Farshchian Sina Medical Education Center, Hamadan, Iran, who underwent CXL surgery at Mahdia Surgery Center, were selected. The results of refractometry and aberrometry before the surgery and six months after the CXL, were examined and compared. Data were extracted from patients' medical records and analyzed in SPSS software (version 26). A P-value less than 0.05 was considered statistically significant.

**Results:** The mean age of patients was  $22.28 \pm 5.03$  years, and 65.7% were male. Mean aberrometry parameters before and six months after the treatment for K1: 44.33 and 44.04 ( $P=0.003$ ), K2: 48.01 and 47.91 ( $P<0.001$ ), Km: 46.27, and 45.86 ( $P<0.001$ ), Kmax: 51.72 and 51.34 ( $P<0.001$ ), astigmatism: 3.59 and 3.93 ( $P<0.001$ ), Thanet Local: 472.76 and 462.37 ( $P<0.001$ ) and CDVA: 6.41 and 8.25 ( $P<0.001$ ). No significant difference was observed between CCT, Rms Total, Rms LDA, Coma, and sphere parameters before and after the CXL.

**Conclusion:** Cross-linking is an effective method for treating keratoconus in adults, leading to the correction of most corneal aberrometry parameters, including K1, K2, Km, Kmax, astigmatism, thinnest location, and CDVA within six months.

**Keywords:** Corneal Aberrometry, Cross-linking, Keratoconus

**Please cite this article as follows:** Alizadeh M, Khazaei S, Bahramian M. Evaluation of Corneal Aberrometry Parameters Before and After Cross-Linking in Patients with Keratoconus. *Avicenna J Clin Med.* 2023; 29(4): 225-231. DOI: 10.32592/ajcm.29.4.225



## بررسی پارامترهای ابرومتري قرنيه قبل و بعد از انجام کراس لینکینگ در بیماران مبتلا به قوز قرنيه

مهدی علیزاده<sup>۱\*</sup>، سلمان خزایی<sup>۲</sup>، مونس بهرامیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> گروه چشم پزشکی، دانشکده پزشکی، مرکز آموزشی درمانی فرشچیان سینا، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

<sup>۳</sup> کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

### چکیده

**سابقه و هدف:** در دهه گذشته، کراس لینکینگ به عنوان یک گزینه درمانی برای افراد مبتلا به قوز قرنيه پیش‌رونده به طور گسترده استفاده شده است. مطالعه حاضر با هدف مقایسه پارامترهای ابرومتري قرنيه قبل و بعد از انجام کراس لینکینگ در بیماران مبتلا به قوز قرنيه انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه مقطعی به روش سرشماری، ۶۷ نفر از بیماران مبتلا به قوز قرنيه مراجعه‌کننده به مرکز آموزشی درمانی فرشچیان سینا انتخاب شدند که تحت عمل کراس لینکینگ در مرکز جراحی مهدیه قرار گرفته بودند و از نظر یافته‌های رفرکتومتري و ابرومتري قبل از عمل و ۶ ماه بعد از کراس لینکینگ مقایسه شدند. داده‌های مطالعه از پرونده پزشکی بیماران استخراج و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ در سطح خطای کمتر از ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شد.

**یافته‌ها:** میانگین سن بیماران  $22/28 \pm 5/03$  سال بود و ۶۵/۷ درصد از شرکت‌کنندگان مرد بودند. میانگین پارامترهای ابرومتري قبل و ۶ ماه بعد از درمان به ترتیب برای پارامتر K1:  $44/33$  و  $44/04$  ( $P=0/003$ )، K2:  $48/01$  و  $47/91$  ( $P<0/001$ )، Km:  $46/27$  و  $45/86$  ( $P<0/001$ )، Kmax:  $51/72$  و  $51/34$  ( $P<0/001$ )، Astigmatism:  $3/59$  و  $3/39$  ( $P<0/001$ )، Thinnest Location:  $472/76$  و  $462/37$  ( $P<0/001$ )، CDVA:  $0/6$  و  $0/8$  ( $P<0/001$ ) بود. بین پارامترهای CCT، Rms Total، Rms LOA، Coma، Spher و قبل و بعد از انجام کراس لینکینگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

**نتیجه‌گیری:** انجام کراس لینکینگ روش مؤثری برای درمان قوز قرنيه در بزرگسالان است که ممکن است منجر به اصلاح بیشتر پارامترهای ابرومتري قرنيه شامل K1، K2، Km، Kmax، Astigmatism، Thinnest Location و CDVA طی ۶ ماه بعد از عمل شود.

**واژگان کلیدی:** ابرومتري قرنيه، قوز قرنيه، کراس لینکینگ

### تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۶

ویرایش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷

انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

\* نویسنده مسئول: مهدی علیزاده، گروه

چشم‌پزشکی، دانشکده پزشکی، مرکز آموزشی درمانی فرشچیان سینا، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: Mahalizi@yahoo.com

**استناد:** علیزاده، مهدی؛ خزایی، سلمان؛ بهرامیان، مونس. بررسی پارامترهای ابرومتري قرنيه قبل و بعد از انجام کراس لینکینگ در بیماران مبتلا به قوز قرنيه. مجله پزشکی بالینی ابن سینا، زمستان ۱۴۰۱؛ ۲۹(۴): ۲۲۱-۲۲۵.

### مقدمه

عمل‌های لیزری، ایمپلنت‌ها، لنزهای داخل چشمی یا ترکیبی از موارد ذکر شده است [۱].

پیوند عرضی کلاژن (Collagen Cross linking: CXL or C3-R) از روش‌های جدید جراحی است که پیشرفت قوز قرنيه را با استفاده از درمان فتواکسیداتیو به منظور افزایش استحکام در

به‌طور کلی، پزشکان موارد مراحل ابتدایی قوز قرنيه را با عینک، موارد خفیف تا متوسط را با لنزهای تماسی و موارد شدید را با پیوند قرنيه درمان می‌کنند. سایر گزینه‌های درمان جراحی شامل قطعات حلقوی داخل استرومای قرنيه (Intrastromal Corneal Ring Segments: ICRS)، کراس لینکینگ قرنيه،

کراتومتري شده است و این کاهش به طور مستقیم با بهبود در حدت بینایی ارتباط دارد [۷].

با توجه به امکان کاهش حدت بیماری در این بیماران و همچنین شیوع نسبتاً زیاد بیماری و لزوم بررسی روش‌های درمانی جدید، این مطالعه با هدف بررسی تغییرات ابرومتريک قرنيه قبل و بعد از انجام کراس لینکینگ در بیماران مبتلا به قوز قرنيه مراجعه‌کننده به بیمارستان فرشچیان سینا همدان در سال ۱۴۰۰ انجام شد.

## روش کار

در این مطالعه مقطعی تمام بیماران مبتلا به قوز قرنيه مراجعه‌کننده به مرکز آموزشی درمانی فرشچیان سینا در سال ۱۴۰۰ بررسی شدند که در کلینیک مهديه همدان تحت کراس لینکینگ قرار گرفته بودند. عمل جراحی روی تمام بیماران توسط یک جراح و با روش مشابه در کلینیک مهديه همدان انجام شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل مبتلا بودند مستند به قوز قرنيه پیش‌رونده در ۶ ماه گذشته، ضخامت قرنيه بیشتر از ۴۰۰ میکرومتر و نبود پاتولوژی دیگر مانند اسکار قرنيه بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل کراتومتري بیشتر از ۵۸ و مراجعه نکردن برای پیگیری بود.

از بیماران تست‌های رفراکشن و ابرومتري قرنيه با استفاده از پنتاکم HR، قبل از عمل و ۶ ماه بعد از کراس لینکینگ گرفته شد. برای جمع‌آوری داده‌ها از چک‌لیست حاوی مشخصات دموگرافیک بیماران (سن، جنس و پارامترهای ابرومتري قبل و بعد از عمل کراس لینکینگ) استفاده شد که با اهداف مطالعه متناسب بود. اطلاعات این بیماران از روی پرونده و شرح حال آنان و نیز تست‌های بالینی و ابرومتري جمع‌آوری و در چک‌لیست مذکور ثبت شد.

عمل جراحی کراس لینکینگ به طور استاندارد و در اتاق عمل مرکز جراحی مهديه انجام شد. ابتدا، اپیتلیوم قرنيه با روش مکانیکال برداشته شد. به مدت حداقل ۳۰ دقیقه قطره ریپوفلاوین Avedro روی سطح قرنيه ریخته شد و پس از اطمینان از اشباع قرنيه و نفوذ به اتاق قدامی، به مدت ۳۰ دقیقه اشعه UV-A با طول موج ۳۶۰ نانومتر و توان ۹۰ میلی‌وات با استفاده از دستگاه کراس لینک peschke Trade تابانده شد. در پایان، چشم شست‌وشو و لنز پانسمان قرار داده شد. قطره افلوراپ به مدت ۸ روز و قطره بتامتازون و اشک مصنوعی بدون نگه‌دارنده به مدت ۴ هفته استفاده شد. لنز پانسمان با توجه به بهبود سطح اپیتلیوم قرنيه طی روزهای ۵ تا ۷ بعد از عمل برداشته شد.

در این مطالعه، بیماران به مدت ۶ ماه پیگیری شدند. پیامدهای اولیه بهبود در پارامترهای ابرومتري بود که طی مدت ۶ ماه با انجام ۲ ویزیت شامل ویزیت در بدو ورود و ویزیت در ۶ ماه و با استفاده از معاینه بالینی، شرح حال و انجام تست

استرومای قرنيه آهسته یا متوقف می‌کند. پیوند عرضی کلاژن منجر به افزایش قابل توجه در قطر فیبر کلاژن می‌شود که تغییر در ساختار و استحکام آن را تضمین می‌کند [۲]. میکروسکوپی کانفوکال ایمونوفلورسانس، فشردگی قابل توجه فیبرهای کلاژن را در استرومای قدامی قرنيه، پس از قرار گرفتن در معرض ریپوفلاوین و اشعه ماورا بنفش نشان داده است. با این حال، فشردگی الیاف کلاژن تنها در صورت برداشتن اپی تلیوم مشاهده شده است که علت آن، ممانعت از نفوذ ریپوفلاوین از طریق اتصال‌های اپی تلیال Tight Junctions به درون استروما است [۳].

شواهد تجربی نشان داده‌اند ریپوفلاوین حساس‌کننده به نور و UVA با افزایش پیوندهای کووالانسی کلاژن، مشابه فتوپلیمریزه شدن در پلیمرها، منجر به تقویت بافت قرنيه می‌شود. پیوند عرضی کلاژن باعث افزایش تشکیل پیوندهای کووالانسی درون و میان الیاف کلاژن توسط اکسیداسیون حساس‌شده به نور می‌شود که تثبیت بیومکانیکی قرنيه را به دنبال خواهد داشت. اساس این ایده، در شواهد علمی مبتنی بر تأثیر پیوند عرضی طبیعی گلوکز در افزایش مقاومت قرنيه در بیماران دیابتی ریشه دارد. در این شرایط، قوز قرنيه به‌ندرت اتفاق می‌افتد. با پیوند عرضی، می‌توان به پیوندهای کووالانسی بیشتر میان مولکول‌های کلاژن دست یافت که این مسئله باعث تثبیت داربست کلاژن و تغییر خواص بافت خواهد شد [۴].

اثر پیوند عرضی در اعماق قرنيه به‌طور همگن توزیع نشده است. اثر سفت کردن ناشی از جذب اشعه در ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرومتری قدامی قرنيه به علت جذب نور UV در این محل متمرکز شده است. با ظهور فناوری کراس لینکینگ قرنيه برای تثبیت کلاژن ضعیف‌شده در قوز قرنيه، طیف درمان قوز قرنيه هم‌اکنون شامل پیشگیری و درمان از طریق توقیف یا کند شدن پیشرفت بیماری است. برای تغییر شکل قرنيه، اصلاح نزدیک‌بینی بالا و آستیگماتیسم و جلوگیری از پیشرفت اکتازی، استفاده از شیوه‌های درمانی مختلف از قبیل ICRS، CXL و Intraocular lens (IOL) های فیکیک، به‌طور همزمان، با احتمال زیاد برای درمان تمام جنبه‌های این بیماری مفیدتر است. درمان با جاگذاری ICRS به‌طور قابل توجهی قرنيه را مسطح و منظم می‌کند و انجام CXL پس از آن، قرنيه تازه شکل گرفته را تثبیت می‌کند [۵،۶].

در بیماران مبتلا به کراتوکونوس، پس از درمان با CXL، پارامترهای UDVA و CDVA، تغییرات عیوب انکساری و داده‌های ابرومتري و توپوگرافی به‌طور قابل توجهی بهبود می‌یابد [۶]. داده‌های توپوگرافی قرنيه کاهش قابل توجهی را در کراتومتري آپیکال و کراتومتري مرکزی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های پایه قبل از کراس لینک نشان می‌دهد. CXL در بهبود UDVA، CDVA، معیارهای توپوگرافی و بیشتر HOA های قرنيه در چشم‌هایی با کراتوکونوس پیش‌رونده مؤثر بوده و باعث کاهش قابل توجهی در

### نتایج

در این مطالعه که با هدف مقایسه پارامترهای ابرومتری قرنیه قبل و بعد از انجام کراس لینکینگ در بیماران مبتلا به قوز قرنیه انجام شد، ۶۴ بیمار مبتلا به قوز قرنیه مراجعه کننده به مرکز آموزشی درمانی فرشچیان سینا بررسی شدند که تحت عمل کراس لینکینگ در مرکز جراحی مهدیه قرار گرفته بودند. از نظر جنسیت، ۴۴ نفر (۶۵/۷ درصد) مرد و ۳۳ نفر (۳۴/۳ درصد) زن بودند. میانگین سنی بیماران  $22/28 \pm 5/03$  سال (دامنه: ۱۴ تا ۳۶ سال) بود.

در جدول ۱ و شکل های ۱ و ۲، میانگین و انحراف معیار پارامترهای ابرومتری قبل از درمان و ۶ ماه پس از درمان مقایسه شده است. با توجه به یافته های جدول ۱، بین پارامترهای K1، K2، Thinnest Location، Astigmatism، Kmax و CDVA قبل و بعد از درمان کراس لینکینگ تفاوت معنی داری مشاهده شد ( $P < 0/05$ ).

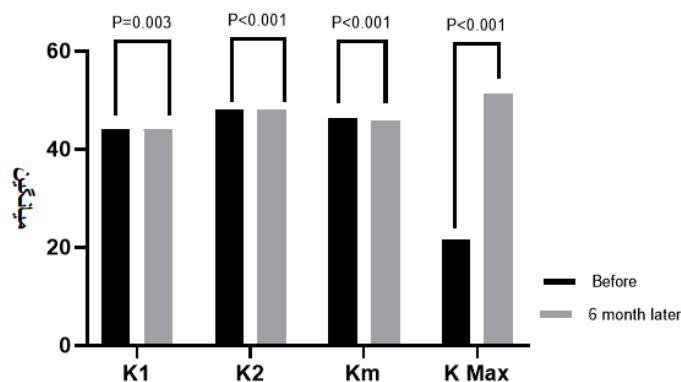
ابرومتری قرنیه با پرنیت از صفحه زرنیکه (zernike) ابریشن پنتاکم ارزیابی شد. پیامدهای ثانویه این مطالعه شامل بهبود حدت بینایی و پارامترهای رفرکتومتری بود. تمام بیماران به مدت ۶ ماه پیگیری شدند و شرایط آن ها در بدو مراجعه و ۶ ماه پس از درمان، با شرح حال، معاینه بالینی و انجام تست ابرومتری ارزیابی شد.

داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شد. توصیف داده های کمی با میانگین و انحراف معیار و توصیف داده های کیفی با فراوانی و درصد انجام شد. به منظور تحلیل داده های کمی، ابتدا نرمال بودن توزیع داده ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف ارزیابی شد. با توجه به نرمال بودن توزیع پارامترهای ابرومتری ( $P > 0/05$ )، برای مقایسه پارامترهای ابرومتری قبل و ۶ ماه بعد از عمل کراس لینکینگ از آزمون تی زوجی استفاده شد. سطح معناداری در تمام تحلیل ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۱: مقایسه پارامترهای ابرومتری قبل و ۶ ماه بعد از درمان در بیماران مبتلا به قوز قرنیه تحت عمل کراس لینکینگ در سال های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱

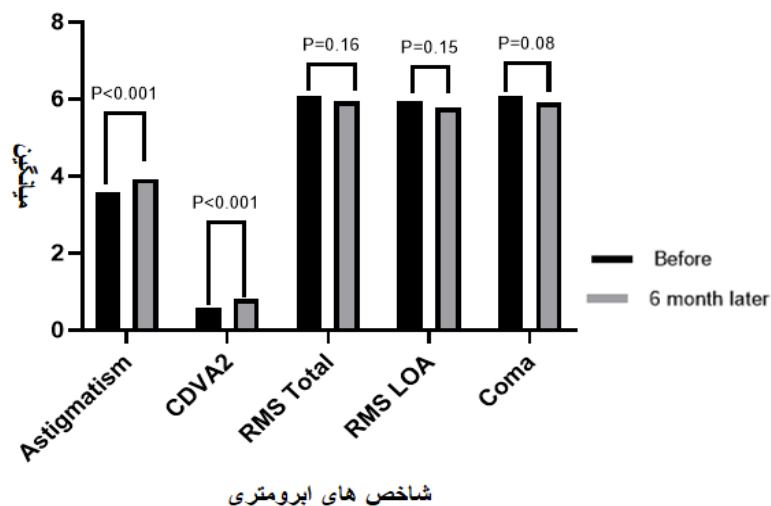
| پارامتر ابرومتری     | میانگین شاخص قبل از درمان (انحراف معیار) | میانگین شاخص ۶ ماه بعد از درمان (انحراف معیار) | P      |
|----------------------|--|--|--------|
| K1                   | ۴۴/۲۳ (۱/۹۵)                             | ۴۴/۰۴ (۱/۹۳)                                   | ۰/۰۰۳  |
| K2                   | ۴۸/۰۱ (۲/۵۳)                             | ۴۷/۹۱ (۲/۶۱)                                   | <۰/۰۰۱ |
| Km                   | ۴۶/۲۷ (۲/۰۶)                             | ۴۵/۸۶ (۲/۰۴)                                   | <۰/۰۰۱ |
| Kmax                 | ۲۱/۷۲ (۳/۴۰)                             | ۵۱/۳۴ (۳/۳۵)                                   | <۰/۰۰۱ |
| Astigmatism          | ۳/۵۹ (۱/۸۰)                              | ۳/۹۳ (۱/۹۰)                                    | <۰/۰۰۱ |
| Thinnest Location    | ۴۷۲/۷۶ (۳۰/۷۶)                           | ۴۶۶/۳۷ (۳۳/۲۹)                                 | ۰/۰۰۱  |
| CCT                  | ۴۷۱/۰۰ (۸۳/۹۱)                           | ۶۴۶/۰۰ (۸۱/۰۸)                                 | ۰/۵۹۸  |
| CDVA                 | ۰/۶ (۰/۱۷)                               | ۰/۸ (۰/۱۴)                                     | <۰/۰۰۱ |
| RMS Total            | ۶/۱۰ (۲/۱۰)                              | ۵/۹۴ (۱/۹۷)                                    | ۰/۱۵۶  |
| RMS LOA              | ۵/۹۴ (۲/۰۳)                              | ۵/۷۸ (۱/۸۸)                                    | ۰/۱۴۹  |
| Coma                 | ۶/۱۰ (۲/۱۰)                              | ۵/۹۱ (۱/۹۵)                                    | ۰/۰۸۳  |
| Spherical aberration | -۰/۱۰۰۵۶ (۰/۲۸۷)                         | -۰/۱۱۳ (۰/۳۲۶)                                 | ۰/۵۹۸  |

آزمون تی زوجی



شکل ۱: مقایسه پارامترهای K1، K2، Km و Kmax قبل و ۶ ماه بعد از درمان در بیماران مبتلا به قوز قرنیه تحت عمل کراس لینکینگ در سال های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱

شکل ۱: مقایسه پارامترهای K1، K2، Km و Kmax قبل و ۶ ماه بعد از درمان در بیماران مبتلا به قوز قرنیه تحت عمل کراس لینکینگ در سال های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱



شکل ۲: مقایسه پارامترهای Astigmatism، RMS LOA، RMS Total، CDVA، و Coma قبل و ۶ ماه بعد از درمان در بیماران مبتلا به قوز قرنیه تحت عمل کراس لینکینگ در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱

## بحث

در هند، میانگین نمره آستیگماتیسم بیماران مبتلا به قوز قرنیه تحت درمان به روش کراس لینکینگ، در ماه ششم درمان نسبت به قبل از درمان کاهش معنی‌دار داشت [۱۴].

در مطالعه حاضر، در بیماران مبتلا به قوز قرنیه تحت درمان به روش کراس لینکینگ، شاخص‌های K1، K2، Km، Kmax و Thinnest Location به‌طور معنی‌داری در ماه ششم درمان نسبت به قبل از درمان کاهش یافته بودند. همسو با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه Al Araby Abed و همکاران (۲۰۲۲) در مقایسه پارامترهای تراکم قرنیه قبل و بعد از کراس لینکینگ، پارامترهای Kmax، Thinnest Location و K1 در ماه ششم درمان نسبت به قبل از درمان کاهش معنی‌دار یافته بود، اما از نظر پارامتر K2 تفاوت معنی‌دار نبود [۷]. همچنین در مطالعه Matthys و همکاران (۲۰۲۱) و پیگیری یک ساله بیماران مبتلا به قوز قرنیه درمان‌شده با روش کراس لینکینگ و اکسیژن مکمل، ۱۲ ماه پس از عمل، Kmax، K2، Km و به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بودند، اما از نظر K1 و UDVA تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد [۱۵]. در مطالعه حاضر، اکسیژن‌تراپی انجام نشد و به‌جای پیگیری ۱۲ ماه، بیماران در ماه ۶ پیگیری شدند. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه Matthys و همکاران، از نظر تأثیر کراس لینکینگ قرنیه بر پارامترهای Kmax، K2 و Kmean همخوانی دارد.

در مطالعه حاضر، میانگین پارامتر CDVA در ماه ششم درمان نسبت به قبل از درمان افزایش معنی‌دار نشان داد. همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، در مطالعات Matthys و همکاران (۲۰۲۱)، میانگین شاخص CDVA بیماران به دنبال کراس لینکینگ افزایش معنی‌دار یافته بود. همچنین، در مطالعه موردی Gore و همکاران (۲۰۱۸) روی ۴۷ بیمار مبتلا به قوز قرنیه در مرحله I تا III، حدت بینایی تصحیح‌شده از راه دور (CDVA) در پیگیری ۲۴ ماه بعد از عمل، به‌طور معنی‌داری نسبت به قبل از عمل بهبود یافته بود [۱۶].

پیوند متقابل کلاژن قرنیه (CXL)، با ایجاد پیوندهای کووالانسی جدید در داخل و بین باقی‌مانده‌های اسید آمینه در رشته‌های کلاژن قرنیه روشی است که برای تقویت بافت قرنیه در بیماران مبتلا به قوز قرنیه استفاده می‌شود. این کار استحکام بیومکانیکی قرنیه کراتوکونیک را افزایش می‌دهد و پیشرفت اکتازی را متوقف می‌کند. CXL با استفاده از ترکیب ویتامین B2 (ریبوفلاوین) و پرتو فرابنفش A با طول موج ۳۷۰ نانومتر باعث ایجاد پیوندهای عرضی فتوشیمیایی در شبکه کلاژن می‌شود [۸]. در مطالعات مختلف، با استفاده از معیارهای متفاوت ارزیابی موفقیت CXL، از جمله استفاده از شاخص‌های توپوگرافی، حدت بینایی LogMAR، تحلیل بیومکانیکی و جبهه موج (Wavefront)، نتایج متفاوتی از موفقیت CXL در درمان قوز قرنیه گزارش شده است [۹-۱۲]. در مطالعه حاضر، پارامترهای ابرومتری بینایی بررسی شد. در پژوهش پیش رو، ۶ ماه پس از عمل کراس لینکینگ قوز قرنیه، شاخص‌های ابرومتری K1، K2، Km و Kmax نسبت به قبل از عمل به‌طور معنی‌داری کاهش و پارامترهای Astigmatism، Thinnest Local و CDVA افزایش یافت.

در مطالعه حاضر، اگرچه هر دو پارامتر RMS و RMS Total نسبت به قبل از درمان کاهش یافته بودند، بین پارامترهای RMS LOA و RMS Total قبل و ۶ ماه بعد از درمان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در مطالعه El Massry و همکاران (۲۰۱۷) در زمینه تأثیر کراس لینکینگ قرنیه بر ابریشن‌های چشمی بیماران مبتلا به قوز قرنیه، میانگین RMS کل در ماه ششم درمان نسبت به قبل از درمان، به‌طور معنی‌داری کاهش (۲/۰۵ واحد) یافته بود [۱۳].

در مطالعه حاضر، میانگین پارامتر Astigmatism در ماه ششم درمان، نسبت به قبل از درمان بهبود معنی‌دار نشان داد. همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، در پژوهش Nawaz و همکاران (۲۰۱۵)

aberration در ۲۴ ماه بعد از عمل کراس لینکینگ افزایش یافته بود. در این زمینه، Aldo Caporossi و همکاران گزارش کردند که کراتوکونوس بعد از عمل CXL transepithelial، خصوصاً در کودکان و افراد جوان ناپایدار است و ممکن است شرایط بیمار به حالت قبل از عمل برگردد [۱۷].

با توجه به اینکه در مطالعه حاضر پیامد ۶ ماهه درمان مذکور بررسی شده است، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، پیامدهای ۱ و ۲ ساله درمان قوز قرنیه به روش کراس لینکینگ بررسی و پیگیری شود.

### نتیجه‌گیری

بر اساس پارامترهای ابرومتری، انجام کراس لینکینگ روش مؤثری برای درمان قوز قرنیه در بزرگسالان است. این روش ممکن است منجر به تغییر پارامترهای پنتاکم شامل K1، K2، Kmean، Kmax، Astigmatism، Thinnest Location و CDVA طی ۶ ماه بعد از عمل شود.

### تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه دوره دکتری حرفه‌ای پزشکی مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان به شماره ۱۴۰۱۰۴۰۷۲۴۳ گرفته شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مساعدت و حمایت‌های معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه تشکر و قدردانی کنند.

### تضاد منافع

مطالعه حاضر هیچ تضاد منافی برای نویسندگان ندارد.

### ملاحظات اخلاقی

این طرح از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شناسه IR.UMSHA.REC.1401.058 تأیید شده دارد.

### سهم نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، طراحی پروژه، مشارکت در نگارش بخش‌های مختلف طرح، ویرایش علمی مقاله (۴۰ درصد)؛ نویسنده دوم (پژوهشگر همکار): تدوین بخش روش‌شناسی، تحلیل داده‌ها، نگارش مقاله (۲۰ درصد)؛ نویسنده سوم (پژوهشگر اصلی): تدوین پروپوزال، جمع‌آوری داده‌ها، مشارکت در تدوین بخش‌های مختلف طرح و نگارش مقاله (۴۰ درصد).

### حمایت مالی

این طرح از سوی دانشگاه علوم پزشکی همدان حمایت مالی شده است.

که با وجود تفاوت در طول مدت پیگیری بیماران، نتایج با مطالعه حاضر همسو است.

در خصوص تأثیر کراس لینکینگ در بیماران دارای قوز قرنیه بر UDVA، نتایج مطالعات تا حدودی مغایر است. در برخی مطالعات تأثیر مثبت کراس لینکینگ بر بهبود پارامتر UDVA گزارش شده است [۱۷-۲۰]. در مقابل، در برخی مطالعات مشاهده شده است که روش کراس لینکینگ هیچ تغییر معنی‌داری در UDVA ایجاد نکرده است [۱۵]. ممکن است مغایرت نتایج مطالعات ناشی از تفاوت در طول دوره پیگیری بیماران باشد. دامنه زمان پیگیری بیماران در مطالعات ذکر شده بین ۶ تا ۱۲ ماه بود. مشاهده شده است که در بیماران تحت درمان با روش ترانس اپیتلیال کراس لینکینگ، پس از بهبود نسبی در ۳ تا ۶ ماه اول، UDVA و CDVA به تدریج به مقادیر اولیه قبل از عمل برمی‌گردند. پس از ۱۲ ماه، حداکثر کراتومتری ۳ میلی‌متری مرکز (sim K) در ماه ۲۴ بدتر می‌شود [۱۷].

در مطالعه حاضر، پارامتر Coma نسبت به قبل از عمل، ۰/۱۹ واحد کاهش یافته بود. کاهش شاخص Coma بلافاصله بعد از کراس لینکینگ قرنیه، با بهبود شاخص بینایی همراه است [۵]. همسو با نتایج مطالعه حاضر، در پژوهش Buzzenetti و همکاران (۲۰۰۸)، در پیگیری ۱۳ چشم مبتلا به قوز قرنیه در بیماران کمتر از ۱۸ سال تحت درمان با عمل کراس لینکینگ، در ماه ۱۸ پیگیری بین پارامتر Coma، نسبت به قبل از عمل تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد [۲۱]. در مقابل، در مطالعه Uysal و همکاران (۲۰۱۸)، با پیگیری ۱۲ ماهه ۱۱۱ بیمار تحت عمل کراس لینکینگ قرنیه، نتایج مطالعه نشان داد پارامتر Coma نسبت به قبل از عمل کاهش معنی‌دار داشته است. ممکن است علت مغایرت نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه Uysal و همکاران، تفاوت در حجم نمونه یا زمان پیگیری بیماران باشد.

در مطالعه حاضر، پارامتر Spherical aberration نسبت به قبل از عمل کاهش یافته بود، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود. همسو با نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه Paolo Vinciguerra و همکاران (۲۰۰۹) در زمینه خصوصیات انکساری، توپوگرافی، توموگرافی و ابرومتری ۲۸ چشم تحت عمل کراس لینکینگ، ضریب شکست کروی (Mean spherical equivalent) تا ماه ۱۲ بعد از پیگیری، کاهش معنی‌داری داشت [۲۲]. در مقابل، در مطالعه Aldo Caporossi و همکاران (۲۰۱۳)، پارامتر Spherical

## REFERENCES

1. Akbari M. Keratoconus; A Review and Current Surgical Options. *Bina J.* 2013;18(2):222-32.
2. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-A-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2003;135(5):620-7. [PM ID: 12719068](#) [DOI: 10.1016/s0002-9394\(02\)02220-1](#)
3. Caporossi A, Baiocchi S, Mazzotta C, Traversi C, Caporossi T. Parasurgical therapy for keratoconus by riboflavin-ultraviolet type A rays induced cross-linking of corneal collagen: preliminary refractive results in an Italian study. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(5):837-45. [PMID: 16765803](#) [DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.01.091](#)
4. Jankov II MR, Coskunseven E, Hafezi F. Contralateral eye study of corneal collagen cross-linking with riboflavin and UVA irradiation in patients with keratoconus. *J Refract Surg.* 2009;25(4):371-6. [PMID: 19431928](#) [DOI: 10.3928/1081597X-20090401-02](#)
5. Agrawal VB. Corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet-A light for keratoconus: Results in Indian eyes. *Indian J Ophthalmol.* 2009;57(2):111-4. [PMID: 1923](#)



- 7783 DOI: [10.4103/0301-4738.44515](https://doi.org/10.4103/0301-4738.44515)
6. Jankov II MR, Jovanovic V, Delevic S, Coskunseven E. Corneal collagen cross-linking outcomes. *Open Ophthalmol J*. 2011;**5**:19-20. PMID: [21448301](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21448301/) DOI: [10.2174/1874364101105010019](https://doi.org/10.2174/1874364101105010019)
  7. Al Araby Abd EN, Wahab MA, Abou Ahmed MS. Corneal densitometry before and after corneal collagen cross-linking in patients with keratoconus. *Sci J Al-Azhar Med Fac Girls*. 2022;**6**(1):34. DOI: [2010.4103/sjmf.sjmf.258.21](https://doi.org/2010.4103/sjmf.sjmf.258.21)
  8. Randleman JB, Khandelwal SS, Hafezi F. Corneal cross-linking. *Surv Ophthalmol*. 2015;**60**(6):509-23. PMID: [25980780](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25980780/) DOI: [10.1016/j.survophthal.2015.04.002](https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2015.04.002)
  9. Sadoughi MM, Einollahi B, Baradaran-Rafii A, Roshandel D, Hasani H, Nazeri M. Accelerated versus conventional corneal collagen cross-linking in patients with keratoconus: an intrapatient comparative study. *Int Ophthalmol*. 2018;**38**(1):67-74. PMID: [28035498](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28035498/) DOI: [10.1007/s10792-016-0423-0](https://doi.org/10.1007/s10792-016-0423-0)
  10. Meiri Z, Keren S, Rosenblatt A, Sarig T, Shenhav L, Varssano D. Efficacy of corneal collagen cross-linking for the treatment of keratoconus: a systematic review and meta-analysis. *Cornea*. 2016;**35**(3):417-28. PMID: [26751990](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26751990/) DOI: [10.1097/ICO.0000000000000723](https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000723)
  11. Hersh PS, Stulting RD, Muller D, Durrie DS, Rajpal RK, Binder PS, et al. United States multicenter clinical trial of corneal collagen crosslinking for keratoconus treatment. *Ophthalmology*. 2017;**124**(9):1259-70. PMID: [28495149](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28495149/) DOI: [10.1016/j.ophtha.2017.03.052](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.03.052)
  12. Chunyu T, Xiujun P, Zhengjun F, Xia Z, Feihu Z. Corneal collagen cross-linking in keratoconus: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2014;**4**(1):1-8. PMID: [25007895](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25007895/) DOI: [10.1038/srep05652](https://doi.org/10.1038/srep05652)
  13. El-Massry AA-K, Dowidar AM, Massoud TH, Tadros BGD. Evaluation of the effect of corneal collagen cross-linking for keratoconus on the ocular higher-order aberrations. *Clin Ophthalmol*. 2017;**11**:1466-9. PMID: [28860694](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28860694/) DOI: [10.2147/OPHTH.S142167](https://doi.org/10.2147/OPHTH.S142167)
  14. Nawaz S, Gupta S, Gogia V, Sasikala NK, Panda A. Trans-epithelial versus conventional corneal collagen crosslinking: a randomized trial in keratoconus. *Oman J Ophthalmol*. 2015;**8**(1):9-13. PMID: [25709267](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25709267/) DOI: [10.4103/0974-620X.149855](https://doi.org/10.4103/0974-620X.149855)
  15. Matthys A, Cassagne M, Galiacy SD E, El Hout S, Fournié P, Malecaze Fo. Transepithelial corneal cross-linking with supplemental oxygen in keratoconus: 1-year clinical results. *J Refract Surg*. 2021;**37**(11):42-8. PMID: [33432994](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33432994/) DOI: [10.3928/1081597X-20201111-01](https://doi.org/10.3928/1081597X-20201111-01)
  16. Gore DM, Leucci MT, Anand V, Cueto LF-V, Mosquera SA, Allan BD. Combined wavefront-guided transepithelial photorefractive keratectomy and corneal crosslinking for visual rehabilitation in moderate keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2018;**44**(5):571-80. PMID: [29891154](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29891154/) DOI: [10.1016/j.jcrs.2018.03.026](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.03.026)
  17. Caporossi A, Mazzotta C, Paradiso AL, Baiocchi S, Marigliani D, Caporossi T. Transepithelial corneal collagen crosslinking for progressive keratoconus: 24-month clinical results. *J Cataract Refract Surg*. 2013;**39**(8):1157-63. PMID: [23790530](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23790530/) DOI: [10.1016/j.jcrs.2013.03.026](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.03.026)
  18. Cerman E, Toker E, Ozcan DO. Transepithelial versus epithelium-off crosslinking in adults with progressive keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2015;**41**(7):1416-25. PMID: [26287880](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26287880/) DOI: [10.1016/j.jcrs.2014.10.041](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.041)
  19. Ghanem RC, Santhiago MR, Berti T, Netto MV, Ghanem VC. Topographic, corneal wavefront, and refractive outcomes 2 years after collagen crosslinking for progressive keratoconus. *Cornea*. 2014;**33**(1):43-8. PMID: [24162747](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24162747/) DOI: [10.1097/ICO.0b013e3182a9fbdf](https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3182a9fbdf)
  20. Vega-Estrada A, Alio JL, Brenner LF, Javaloy J, Puche ABP, Barraquer RI, et al. Outcome analysis of intracorneal ring segments for the treatment of keratoconus based on visual, refractive, and aberrometric impairment. *Am J Ophthalmol*. 2013;**155**(3):575-84. PMID: [23218702](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23218702/) DOI: [10.1016/j.ajo.2012.08.020](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.08.020)
  21. Buzzonetti L, Petrocelli G. Transepithelial corneal cross-linking in pediatric patients: early results. *J Refract Surg*. 2012;**28**(11):763-7. PMID: [23347369](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23347369/) DOI: [10.3928/1081597X-20121011-03](https://doi.org/10.3928/1081597X-20121011-03)
  22. Vinciguerra P, Albè E, Trazza S, Rosetta P, Vinciguerra R, Seiler T, et al. Refractive, topographic, tomographic, and aberrometric analysis of keratoconic eyes undergoing corneal cross-linking. *Ophthalmology*. 2009;**116**(3):369-78. PMID: [19167087](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19167087/) DOI: [10.1016/j.ophtha.2008.09.048](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.09.048)